

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 17 367.6

Anmeldetag: 15. April 2003

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Durchführung der digitalen
Subtraktionsangiographie unter Verwendung
nativer Volumendatensätze

IPC: H 05 G, A 61 B, G 06 T

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. Februar 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A large, handwritten signature in black ink, appearing to read "D. 10.2004", is placed here. Below the signature, there is a horizontal line with a small mark at the end.

Beschreibung

Verfahren zur Durchführung der digitalen Subtraktionsangiographie unter Verwendung nativer Volumendatensätze

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung der digitalen Subtraktionsangiographie, bei dem ein Bild von Strukturen, insbesondere Gefäßen, eines Körperbereiches durch Subtraktion von Bilddaten eines ersten 2D-Röntgenbildes des Körperbereiches, das ohne Kontrastmittelanreicherung der Strukturen erstellt wird, von Bilddaten eines zweiten 2D-Röntgenbildes des Körperbereiches erzeugt wird, das mit Kontrastmittelanreicherung der Strukturen aufgenommen wird.

10

Die Subtraktionsangiographie wird insbesondere zur Darstellung von Gefäßen des menschlichen Körpers eingesetzt, um in den Darstellungen mögliche Gefäßanomalien, wie beispielsweise Gefäßverengungen (Stenosen) oder Gefäßerweiterungen (Aneurysmen), erkennen zu können. Zur besseren Sichtbarkeit der Gefäße in Röntgenbildern wird das Blut vor der Röntgenaufnahme mit Kontrastmittel angereichert, so dass sich das Gefäß im Röntgenbild deutlich vom Hintergrund abhebt. Neben Blutgefäßen sind jedoch in der Regel auch andere Strukturen oder Objekte, wie z. B. Knochen, im Röntgenbild sichtbar, die die Gefäße im Bild teilweise verdecken können. Zur Vermeidung dieser Problematik wird die Technik der Subtraktionsangiographie eingesetzt. Bei der Subtraktionsangiographie werden zwei digitale Röntgenaufnahmen des gleichen Körperbereiches unter der gleichen Projektionsrichtung aufgezeichnet. Eine der beiden Aufnahmen, das sog. Maskenbild, wird ohne Kontrastmittel, die andere Aufnahme, das sog. Füllungsbild, wird mit Kontrastmittel durchgeführt. Durch Subtraktion der digitalen Bilddaten der beiden Aufnahmen, die aus logarithmierten Messwerten der Röntgendetektoren gewonnen werden, verschwindet der in den Aufnahmen identische anatomische Hintergrund, so dass sich ein reines Gefäßbild ergibt, in dem selbst Gefä-

15

20

25

30

35

ße vor oder hinter Objekten, wie beispielsweise Knochen, im Bild ohne Grauwertsprünge dargestellt werden (vgl. "Imaging Systems for Medical Diagnostics", ed.: Erich Krestel, Siemens Aktiengesellschaft, Berlin and Munich, 1990, pp. 369 - 374).

5

Ein Nachteil dieser bekannten Technik besteht jedoch darin, dass bisher zur Durchführung der Subtraktionsangiographie zwei Röntgenaufnahmen erstellt werden müssen, eine Füllungs- und eine Maskenaufnahme. Diese Aufnahmen müssen bei jeder der 10 häufig in regelmäßigen zeitlichen Abständen erforderlichen Kontrolluntersuchungen von Neuem gemacht werden.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, das Verfahren der digitalen Subtraktionsangiographie derart durchzuführen, dass die für die Subtraktionsangiographie erforderliche Röntgendosis für den Patienten auf lange Sicht verringert wird.

Die Aufgabe wird mit dem Verfahren gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche oder lassen sich aus der nachfolgenden Beschreibung sowie den Ausführungsbeispielen entnehmen.

Bei dem vorliegenden Verfahren wird ausgenutzt, dass in vielen Fällen von dem Patienten bereits 3D-Volumendaten aus einer Röntgen-Computertomographie-Aufnahme, insbesondere aus der C-Arm CT, vorhanden sind. Die Röntgen-Computertomographie ist ein spezielles Röntgen-Schichtaufnahme-Verfahren, bei dem Transversalschnittbilder, d. h. Abbildungen von im Wesentlichen senkrecht zur Körperachse orientierten Körperschichten erhalten werden. Hierfür wird das Untersuchungsvolumen unter einer Vielzahl von Winkeln schichtweise durchleuchtet, so dass ein dreidimensionaler Volumendatensatz erhalten wird.

Aus diesen 3D-Volumendaten werden durch geeignete Projektionsverfahren 2D-Röntgenaufnahmen oder photorealistische 2D-Bilder berechnet. Neben derartigen Bildern lassen sich mit

Hilfe der Computertomographie aus den 3D-Volumendaten auch andere Bilddarstellungen, bspw. von Oberflächenstrukturen von Objekten im Untersuchungsvolumen, berechnen.

5 Beim vorliegenden Verfahren wird nun eine herkömmliche 2D-Röntgenaufnahme vom entsprechenden Körperbereich des Patienten nach einer Kontrastmittelanreicherung der darzustellenden Strukturen gemacht, um Bilddaten der Körperbereiches mit Kontrastmittelanreicherung, d.h. das Füllungsbild, zu erhalten.

10 Die Bilddaten des gleichen Körperbereiches ohne Kontrastmittelanreicherung werden allerdings nicht über eine weitere 2D-Röntgenaufnahme erhalten, sondern beim vorliegenden Verfahren aus den bereits vorhandenen 3D-Volumendaten berechnet. Diese 3D-Volumendaten enthalten für jedes Volumenelement (Voxel)

15 des erfassten Körperbereiches einen Dichtewert, der die Durchlässigkeit dieses Voxels für Röntgenstrahlung ohne Kontrastmittelzugabe darstellt. Die Berechnung der 2D-Bilddaten aus den 3D-Volumendaten erfolgt in bekannter Weise unter Verwendung des Röntgenabsorptionsgesetzes, mit dem die Dichte-20 verteilung berechnet wird, die bei Durchstrahlung dieses Körperbereiches unter der gegebenen Projektionsrichtung als Röntgenbild erhalten wird. Dies entspricht der Anwendung eines Standardverfahrens zum Volumenrendern, wie es beispielweise in H. Schumann, W. Müller, "Visualisierung.

25 Grundlagen und allgemeine Methoden", Springer Verlag, Berlin, 2000, Seiten 251 bis 306, beschrieben ist. Hierbei sind Transferfunktion und Alpha-Blending geeignet zu parametrieren. Auf diese Weise wird ein Maskenbild erhalten, das in bekannter Weise vom Füllungsbild subtrahiert werden kann, um 30 das Bild der darzustellenden Strukturen zu erhalten.

Die korrekte Projektionsrichtung bei der Berechnung des Maskenbildes wird über eine Registrierung, d.h. die Herstellung einer räumlichen Korrelation der Koordinatensysteme, der 2D-Röntgenaufnahme für das Füllungsbild zum 3D-Volumendatensatz gewährleistet, so dass die Bilddaten des Füllungs- und des Maskenbildes unter der gleichen Projektionsrichtung erhalten

werden. Geeignete Verfahren zur Registrierung medizinischer Bilddaten sind dem Fachmann bekannt.

Mit dem vorliegenden Verfahren ist somit bei jeder Untersuchung des Patienten, bei der die Gefäße oder andere mit Kontrastmittel anreicherbare Strukturen mittels Subtraktionsangiographie dargestellt werden, nur noch eine 2D-Röntgenaufnahme mit Kontrastmittelgabe zur Erstellung eines Füllungsbildes erforderlich. Das Maskenbild wird aus bereits vorhandenen 3D-Volumendaten berechnet. Liegen bei der erstmaligen Durchführung der digitalen Subtraktionsangiographie noch keine 3D-Volumendaten vor, so können diese zu diesem Zeitpunkt erstellt werden. Da in der Regel ein Patient in regelmäßigen Abständen untersucht werden muss, kann dann bei jeder weiteren Subtraktionsangiographie auf diese 3D-Volumendaten, die den anatomischen Hintergrund enthalten, zurückgegriffen werden. Auch in diesem Fall führt das vorliegende Verfahren zu einer Dosisreduzierung für den Patienten auf längere Sicht, d.h. nach mehreren derartigen Untersuchungen.

20

Da die Projektionsrichtungen bei der Berechnung eines Maskenbildes frei vorgegeben werden können, müssen auch die weiteren 2D-Röntgenaufnahmen zur Erstellung von Füllungsbildern nicht unter der jeweils gleichen Projektionsrichtung erfolgen. Durch die Registrierung jeder 2D-Röntgenaufnahme wird gewährleistet, dass für jedes Füllungsbild unter einer beliebigen Projektionsrichtung aus den 3D-Volumendaten jeweils das korrekte Maskenbild berechnet werden kann.

25

Das vorliegende Verfahren wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung nochmals beispielhaft erläutert.

30

Die Figur zeigt ein Beispielhaftes Ablaufschema bei der Durchführung des vorliegenden Verfahrens zur Darstellung von Blutgefäßen des Patienten. Von dem Patienten oder zumindest einem Körperbereich des Patienten wird zunächst ein 3D-Volu-

mendatensatz generiert. Die Akquisition dieses Datensatzes kann entweder mit einer Röntgen-Computertomographie-Anlage oder mit einer Angiographieanlage erfolgen. Wichtig hierbei ist, dass die Gefäße bei dieser 3D-Aufnahme nicht mit Kontrastmittel angereichert werden, so dass aus den Volumendaten der anatomische Hintergrund für eine beliebige Projektionsrichtung rekonstruiert werden kann. Die 3D-Volumendaten werden in bekannter Weise abgespeichert und für eine spätere Weiterverarbeitung bereitgestellt.

10

Bei der Durchführung der Subtraktionsangiographie gemäß dem vorliegenden Verfahren macht der Arzt in der gewünschten Blick- bzw. Projektionsrichtung eine 2D-Röntgenaufnahme des interessierenden Körperbereiches, bei der die Gefäße mit Kontrastmittel angereichert sind, um ein Füllungsbild zu erhalten.

Der 3D-Volumendatensatz und die 2D-Röntgenaufnahme werden mit einem Verfahren der digitalen Bildverarbeitung registriert, 20 so dass eine exakte Zuordnung der Projektionsrichtung der 2D-Röntgenaufnahme zu dem 3D-Volumendatensatz möglich ist. Stammt der 3D-Volumendatensatz aus den Aufnahmen einer C-Bogen-Anlage, so wird die Durchführung der Registrierung erleichtert, da die Angulierung des C-Bogens zur initialen 25 Schätzung der Projektionsrichtung herangezogen werden kann.

Anschließend wird eine mit der 2D-Röntgenaufnahme übereinstimmende Projektion aus dem 3D-Volumendatensatz als Maskenbild berechnet, das mangels Kontrastmittelanreicherung nur 30 den anatomischen Hintergrund darstellt. Die Subtraktion der Bilddaten von berechnetem Maskenbild und aufgenommenem Füllungsbild liefert nach einer gegebenenfalls noch erforderlichen Logarithmierung der Daten das gewünschte Angiographiebild.

35

Der erste Schritt der Aufzeichnung eines 3D-Volumendatensatzes muss für den Patienten nur einmal durchgeführt werden.

Die weiteren Schritte können, beispielsweise während einer Intervention, beliebig oft aus frei wählbaren Projektionsrichtungen generiert werden. Statt einer Masken- und einer Füllungsaufnahme muss beim vorliegenden Verfahren somit jeweils nur eine 2D-Röntgenaufnahme zur Erstellung eines Füllungsbildes durchgeführt werden. Daraus resultieren eine Reduktion der Röntgendosis für den Patienten und eine Optimierung des Workflows für das medizinische Personal.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Durchführung der digitalen Subtraktionsangiographie, bei dem ein Bild von Strukturen, insbesondere Gefäßen, eines Körperbereiches durch Subtraktion von Bilddaten eines ersten 2D-Röntgenbildes des Körperbereiches, das ohne Kontrastmittelanreicherung der Strukturen erstellt wird, von Bilddaten eines zweiten 2D-Röntgenbildes des Körperbereiches erzeugt wird, das mit Kontrastmittelanreicherung der Strukturen aufgenommen wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Bilddaten des ersten 2D-Röntgenbildes aus einem 3D-Volumendatensatz einer Computertomographie-Aufnahme des Körperbereiches berechnet werden.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Computertomographie-Aufnahme mit einem C-Arm CT-Gerät erstellt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Registrierung des zweiten 2D-Röntgenbildes zu den 3D-Volumendaten mit einem digitalen Bildverarbeitungsverfahren erfolgt.

Zusammenfassung

Verfahren zur Durchführung der digitalen Subtraktionsangiographie unter Verwendung nativer Volumendatensätze

5

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung der digitalen Subtraktionsangiographie, bei dem ein Bild von Strukturen, insbesondere Gefäßen, eines Körperbereiches durch Subtraktion von Bilddaten eines ersten 2D-

10 Röntgenbildes des Körperbereiches, das ohne Kontrastmittelanreicherung der Strukturen erstellt wird, von Bilddaten eines zweiten 2D-Röntgenbildes des Körperbereiches erzeugt wird,

15 das mit Kontrastmittelanreicherung der Strukturen aufgenommen wird. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass die Bild-

daten des ersten 2D-Röntgenbildes aus einem 3D-Volumendatensatz des Körperbereiches berechnet werden. Mit dem Verfahren lässt sich die bei der Subtraktionsangiographie applizierte Röntgendosis reduzieren.

20 Figur

